

(様式第 13号)

学 位 論 文 要 旨

氏名:劉 佳啓

題目: Development and application of a compact and simple wind tunnel
for blown sand experiment

(飛砂実験のための小型簡易風洞の開発とその応用)

飛砂の被害を軽減するためには、発生 of 物理的要因を現地観測によって解明することが重要である。しかし、野外の実験においては、風向が不規則に変化する等の自然条件の制約があるため、飛砂の基本的な発生過程の分析は難しい。一方、風洞を使って実験すれば、現象は分かり易く分析できるが、自然な環境と近い条件を再現することが難しくなる。例えば、境界層の生成が挙げられるが、風洞環境で厚い境界層を得るには、流れに沿った長い整流場が必要となり、設備も大規模なものにならざるを得ない。

そこで本研究では、簡易な小型風洞を開発し、できるだけ短い整流場で厚い乱流境界層や自然界に近い粗度長を実現することを目指した。また、構築された簡易風洞を実際に応用し、黄砂発生源に存在するレキ面上での空気力学的特性や飛砂量の高度分布、飛砂発生の抑制効果について検討した。

「第一章 緒論」では、風洞による境界層や粗度長の生成手順を明らかにするための本研究の着目点について明示した。

「第二章 従来の研究」では、飛砂実験用風洞における境界層の調整と飛砂量の測定の実験を行うため、以下の研究項目に関して、従来の研究結果を調査した。

- ① 風洞を用いて飛砂の観測を行うには、風向や風速が不規則に変化する等の観測条件の制約を受けないこと、さらには、任意な実験条件を設定しつつ、自然環境になるべく近い条件を再現すること。
- ② 飛砂量の鉛直分布に影響を与える境界層と粗度長、さらには観測場における安定した風速分布が風洞実験の条件として必要であること、さらには、安定した境界層を生成する方法について、小型簡易風洞に適合する方法を検討すること。
- ③ 従来の飛砂量を測定する方法のほとんどがトラップ型の捕砂器であるため、本研究で使用した飛砂計の性能について検討すること。

「第三章 風洞の境界層の生成方法」では、二種類の乱流調整装置（スパイヤー、ラフネスブロック）を用いて、小型風洞における比較的厚い境界層の形成と風速の水平分布の安定性を保持した小型簡易風洞の設計と開発を行った。

本研究では、乱流調整装置を新たに設計して、境界層を調整する方法を提示した。観測で使用した乱流調整装置は、スパイヤーと呼ばれる尖塔状の柱体と、床面に並べられたラフネスブロックを併用したものである。その結果、境界層は3.6 mの整流距離で38 cmの厚さになった。また、ラフネスブロックの配置を工夫することにより、水平方向の風速分布をほぼ均等にすることができた。このように、スパイヤーとラフネスブロックを併用することで、整流距離を短くした小型簡易風洞を設計することが可能になった。

「第四章 自然界に近い粗度長の境界層の調整手順」では、第3章で提示した小型風洞と乱流調整装置を用いて、境界層の形成と自然界の値に近い粗度長の再現を同時に満たす方法・手順を提示した。

ラフネスブロックだけを用いて粗度長を増加させる方法では、多くの試行錯誤と時間を要するという欠点があるため、本研究では、スパイヤーの受風面積に注目し、微細な受風面積の変化が鉛直方向の風速分布、特に境界層の上層部に対して効果的な影響を及ぼすと考えた。結果、境界層の厚さは0.38 m、粗度長は自然界の値に近い0.01 cmの高さを再現することができた。スパイヤーの受風面を台形にすることで、比較的厚い境界層と粗度長の増加を同時に満たすことが可能になった。

「第五章 風洞を用いたレキ面の風速特性と飛砂量の検討」では、本研究で開発した小型簡易風洞装置と飛砂量の時間変化を測定できる圧電振動子を使用した圧電飛砂計を用い、レキ被覆率の変化が空気力学的特性や飛砂量に与える影響を比較するとともに、圧電飛砂計で測定した飛砂量分布の特性について検討した。

その結果、レキ被覆率が5%から15%の範囲では、被覆率の増加に伴い、粗度長は増加した。しかし、被覆率が20%以上になると、砂のみの床面状態の粗度長の値に近くなった。飛砂量に関しては、風速が7 m/s以内では、レキ被覆率が15%以上で飛砂をトラップする効果があった。しかし、風速が8 m/s以上になると被覆率による効果は薄れ、風速が10 m/sになるとレキ被覆による飛砂補足の効果はほぼなくなった。レキ被覆率の増加（5%~15%）による粗度長の増加は、高さ8 cm以内の飛砂量の減少と対応していた。しかし、レキ被覆率の増加（20%~30%）による粗度長の減少は、高さ8 cmにおける飛砂量の増加に対応していた。このことから、レキ密度が20%以上になると、高さ8 cm未満のトータルな飛砂量は減少するが、空気力学的に滑らかになることで高さ8 cmにおける飛砂量だけが顕著に増加することを明らかにした。

「結論」では、本研究により得られた成果を総括した。